

PROJET DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE

CONSTRUCTION D'OMBRIERES PHOTOVOLTAIQUES DE TYPE ABRIS CLIMATIQUE PHOTOVOLTAIQUE POUR POMMIERS



Monsieur Geoffroy de Rochefort

Lieu-dit : « Terres du château »
45620 CERDON

Tél : 06 29 54 45 42
geoffroy.de.rochefort@gmail.com

TABLE DES MATIERES

1. CONTEXTE AGRICOLE.....	4
VUE GLOBALE	4
2. FONCTIONNEMENT DE L'EXPLOITATION.....	7
SITUATION	7
FONCTIONNEMENT DE L'EXPLOITATION	9
3. LE PROJET D'ABRIS CLIMATIQUE SOLAIRE DE MONSIEUR DE ROCHEFORT.....	10
L'ABRIS CLIMATIQUE PHOTOVOLTAÏQUE POUR POMMIERS	11
LA CULTURE DU POMMIER.....	12
<i>La domestication et la biologie du pommier</i>	<i>12</i>
<i>Mode de production et itinéraire technique.....</i>	<i>12</i>
LE PARTENARIAT ENTRE MR DE ROCHEFORT ET TECHNIQUE SOLAIRE.....	15
<i>Le financement des structures contre la revente d'électricité</i>	<i>15</i>
<i>Un projet agrivoltaïque à impact positif.....</i>	<i>15</i>
4. DESCRIPTION DE LA SYNERGIE ENTRE LA PRODUCTION AGRICOLE ET LA PRODUCTION ELECTRIQUE PHOTOVOLTAÏQUE.....	16
LES BESOINS AGRICOLES IDENTIFIES ET LES SERVICES APPORTES PAR LA STRUCTURE AGRIVOLTAÏQUE....	16
<i>Les aléas climatiques et le dérèglement climatique dans le Centre Val de Loire</i>	<i>16</i>
<i>Les services apportés par la structure agrivoltaïque</i>	<i>18</i>
<i>Une synergie technique</i>	<i>18</i>
<i>Une synergie économique</i>	<i>19</i>
LA STRATEGIE DE PARTAGE LUMINEUX	19
<i>Le partage lumineux</i>	<i>19</i>
<i>L'impact de la réduction de lumière</i>	<i>20</i>
5. SUIVI AGRONOMIQUE.....	22
6. LA PRESERVATION DU SOL AGRICOLE	22
LE SOL AGRICOLE : DEFINITION	22
<i>La composante physique</i>	<i>22</i>
<i>La composante chimique</i>	<i>23</i>
<i>La composante biologique</i>	<i>23</i>
LES BONNES PRATIQUES MISES EN PLACE PAR TECHNIQUE SOLAIRE POUR LA PRESERVATION DES SOLS AGRICOLES.....	24
L'ACCOMPAGNEMENT DE BIO3G POUR REVITALISER LES SOLS	25
7. CONCLUSION	26
8. ANNEXE 1 : MOYENS DE LUTTE PASSIVE ET ACTIVE.....	27
CONTACTS.....	31
PETITIONNAIRE DU PROJET	31
MAITRE D'ŒUVRE.....	31

La France est un acteur majeur de la production agricole en Europe, positionnée au 1^{er} rang européen en termes de productions végétales, animales et de services agricoles (soit 77 milliards d'euros par an en 2019)¹, 46 % du territoire français est alloué à l'usage agricole. Or depuis quelques décennies, le secteur agricole traverse une profonde mutation socioéconomique, avec :

- une concentration des exploitations agricoles, soit une hausse des formes sociétaires et des grandes exploitations ;
- une baisse des aides aux productions agricoles passant à un budget total de 7,69 M€ en 2005 à 6,67 M€ en 2019 ;
- une baisse de l'emploi salarié et non salarié, accompagnée d'une baisse de la part des personnes de moins de 40 ans travaillant dans le secteur agricole².

De plus, face au dérèglement climatique, la vulnérabilité des exploitations agricoles s'accroît avec une dégradation potentielle des débouchés agricoles (baisse des rendements, perte de qualité des produits) et une augmentation des coûts d'exploitation pour la mise en place de moyens de luttés contre les aléas météorologiques et biologiques délétères : sécheresse, gel « tardif », bioagresseurs, *Influenza* etc.

Dans un contexte de transition énergétique et écologique, l'agriculture est appelée à lutter contre le réchauffement climatique ou encore la surexploitation de l'eau. En effet, la Stratégie Nationale Bas Carbone préconise, d'ici 2050, une réduction de 50 % des émissions de gaz à effet de serre issues de l'agriculture, soit environ 40 Mt de CO₂ (10 % de la part totale nationale)³.

Cette transition agricole reste un défi important pour les propriétaires et les exploitants dont les principales problématiques concernent leur capacité d'investissement, le risque de perte de chiffre d'affaires ou encore le besoin de nouvelles solutions techniques.

Dans ce contexte, la recherche de solutions techniques et financières a mené à une réflexion vers une synergie entre l'agriculture et le développement de projets photovoltaïques : pan primordial de la transition écologique. Les développeurs photovoltaïques, en partenariat avec leurs partenaires agricoles, se sont intéressés au développement de projets dits « agrivoltaïques », pour venir répondre aux enjeux de la transition agricole et énergétique.

Chez Technique Solaire, l'investissement est porté par le groupe, permettant à l'agriculteur de développer son nouveau projet agricole tout en préservant sa capacité d'investissement propre. Ce modèle d'affaire assure le financement de la construction de l'installation agrivoltaïque ainsi que l'achat du matériel technique nécessaire à la mise en place et à la pérennité de l'activité agricole, ainsi que les éléments de protection supplémentaires pour garantir une prévention optimale face aux aléas climatiques, aux risques biologiques et sanitaires.

La conception des installations agrivoltaïques est menée en étroite collaboration entre l'Agriculteur et Technique Solaire, avec comme point de départ : l'identification des besoins agricoles pour répondre au mieux au développement de l'atelier agricole et

¹ Eurostat - Comptes de l'agriculture (2019 provisoire)

² Mémento Statistique Agricole 2020 – L'agriculture, la forêt, la pêche et les industries agroalimentaires –Février 2020 - Agreste

³ <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

finalement à travers le financement le développement du secteur agricole local *et extensio* régional.

1. CONTEXTE AGRICOLE

Vue globale

Le pommier qui appartient à la famille des rosacées, est apparu en Asie centrale, et s'est étendu en Europe à l'arrivée de l'agriculture. Le pommier est l'arbre le plus cultivées au monde avec plus de 6000 variétés créées à partir d'une même base génétique, l'ancêtre du pommier : *Malus sieversii*. Depuis 40 ans, le réchauffement climatique induit une augmentation du taux de sucre, *a contrario* une baisse de l'acidité ainsi que des pommes moins fermes⁴ et une baisse des rendements à la suite d'évènements météorologiques délétères (canicules, grêles, gel après floraison précoce). D'après une étude bibliographique réalisée par l'Université de Caen, le changement des conditions environnementales (ombrage) peut potentiellement affecter le rendement des arbres. Dans les environnements où les arbres ne sont pas soumis à divers stress environnementaux, les filets de protection pourraient potentiellement impacter négativement la taille des fruits, en raison d'une photosynthèse moins importante. Cependant, dans les régions où les arbres sont régulièrement soumis à un stress abiotique dû à un rayonnement solaire excessif, les filets de protection peuvent avoir un effet positif sur le calibre des fruits en atténuant certains des effets du stress par le maintien du taux de photosynthèse plus élevés pendant la journée. Il est à noter que les choix des variétés les mieux adaptées est à murir, car la perte de coloration peut être observée si l'ombrage est trop important⁵.

L'Europe est un grand producteur de pommes, bien que le marché soit déficitaire (face à des producteurs du Moyen-Orient ou encore d'Asie), avec une production de 10,7 millions de tonnes en 2020 où la Pologne, l'Italie puis la France, détiennent les premières marches du podium (Tableau 1). Globalement, les pays de l'est ont davantage de déficit, mais les pays de l'Ouest, notamment la Pologne, rencontrent des problèmes qualitatifs, du fait de la grêle.

⁴ Sugiura, T., Ogawa, H., Fukuda, N., & Moriguchi, T. (2013). Changes in the taste and textural attributes of apples in response to climate change. Scientific reports, 3(1), 1-7.

⁵ Mupambi et al. (2018). The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: A review, Scientia Horticulturae, Volume 236, 2018, Pages 60-72, ISSN 0304-4238

en milliers de tonnes	2017	2018	2019	2020	variation 2020 / moyenne triennale
Pologne	2 870	4 810	2 910	3 400	-4 %
Italie	1 704	2 264	2 096	2 080	+3 %
France	1 424	1 477	1 651	1 431	-6 %
Allemagne	597	1 093	991	951	+6 %
Espagne	480	476	555	467	-7 %
Hongrie	530	782	452	350	-40 %
Roumanie	230	425	327	343	+5 %
Portugal	314	267	354	301	-3 %
Grèce	231	301	276	289	+7 %
Pays-Bas	228	267	272	234	-8 %
Total UE 28	9 251	13 275	10 783	10 711	-4 %

Tableau 1 : La production européenne de pommes d'après Prognosfruit et Agreste pour les données récoltées en France

En France, la production nationale s'élève à en moyenne 14 % du marché européen (2017-2020 ; Tableau 1). Les différents types de climats et les terroirs de la France permettent une production de pommes de nombreuses variétés avec en majorité la production de Golden, de Gala, de Granny et de Pink Lady.

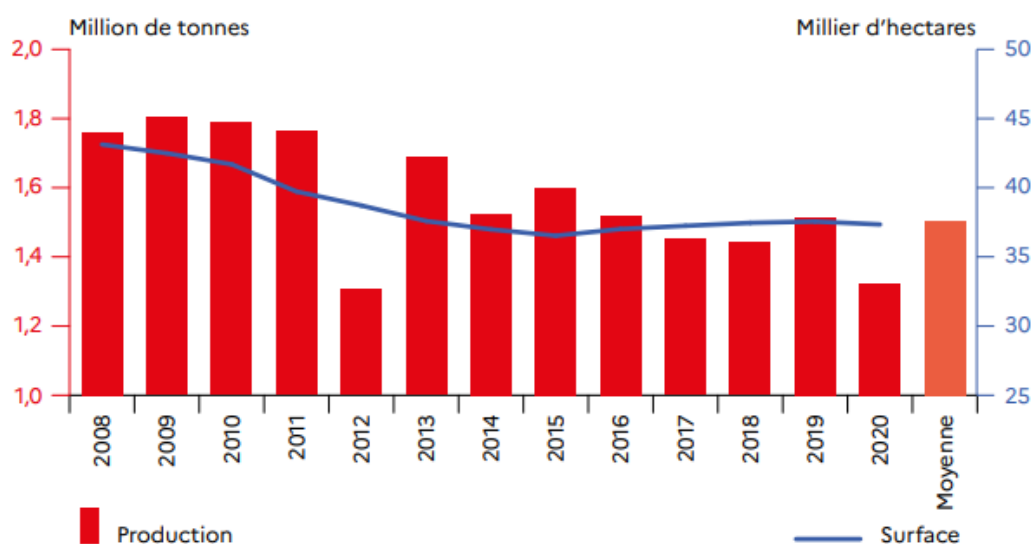


Figure 1 : Évolution de la production de pommes en France de 2008 à 2020 (Source : Agreste)

En 2020, la production française recule de 13 %, a atteint son niveau le plus bas en 7 ans dues à des anomalies de floraison (gel), des épisodes de canicules (brulure) ou encore de sécheresse estivales (stress hydrique). En France, Le marché national s'élève à environ 700 millions d'euros. Avec 17,7 % de part de marché en volume, la pomme est le 1^{er} fruit consommé en France⁶. Néanmoins, la baisse de production est

⁶ <https://lapomme.org/chiffres/consommation-en-france>

accompagnée pour une augmentation d'exportation qui permet de compenser la faiblesse de la production et notamment pour satisfaire les besoins de l'industrie de la transformation. En parallèle, les exportations chutent depuis 2009 (Tableau 2).

	Campagne 2020 - 2021 (août 2020 - février 2021)	Écart sur un an	Écart par rapport à la moyenne sur cinq ans
	tonnes	%	%
Exportations	250 384	- 8	- 25
• vers l'UE 27	134 053	2	- 21
• vers les pays tiers	116 331	- 18	- 29
Importations	95 145	27	9
• en provenance de l'UE 27	86 069	30	21
• en provenance des pays tiers ¹	9 076	4	- 42
Solde	155 240	- 21	- 37
• avec l'UE 27	47 984	- 26	- 51
• avec les pays tiers	107 256	- 19	- 28

1. Dont les principaux partenaires : Chili, Afrique du Sud, Nouvelle-Zélande.

Source : DGDDI (Douanes)

Tableau 2 : Exportation et importation de la France de pommes pour l'année 2021

En résumé, le marché français de la pomme subit des chutes de productions successives avec une forte concurrence des pays de l'Asie et du Moyen-Orient. La demande des Français et des industries de transformation ne tarit pas, ce qui assure une demande importante de ce fruit fortement plébiscité en France. L'adaptation aux dérèglements climatiques de ces productions fruitières consiste à réduire leur sensibilité et leur vulnérabilité.

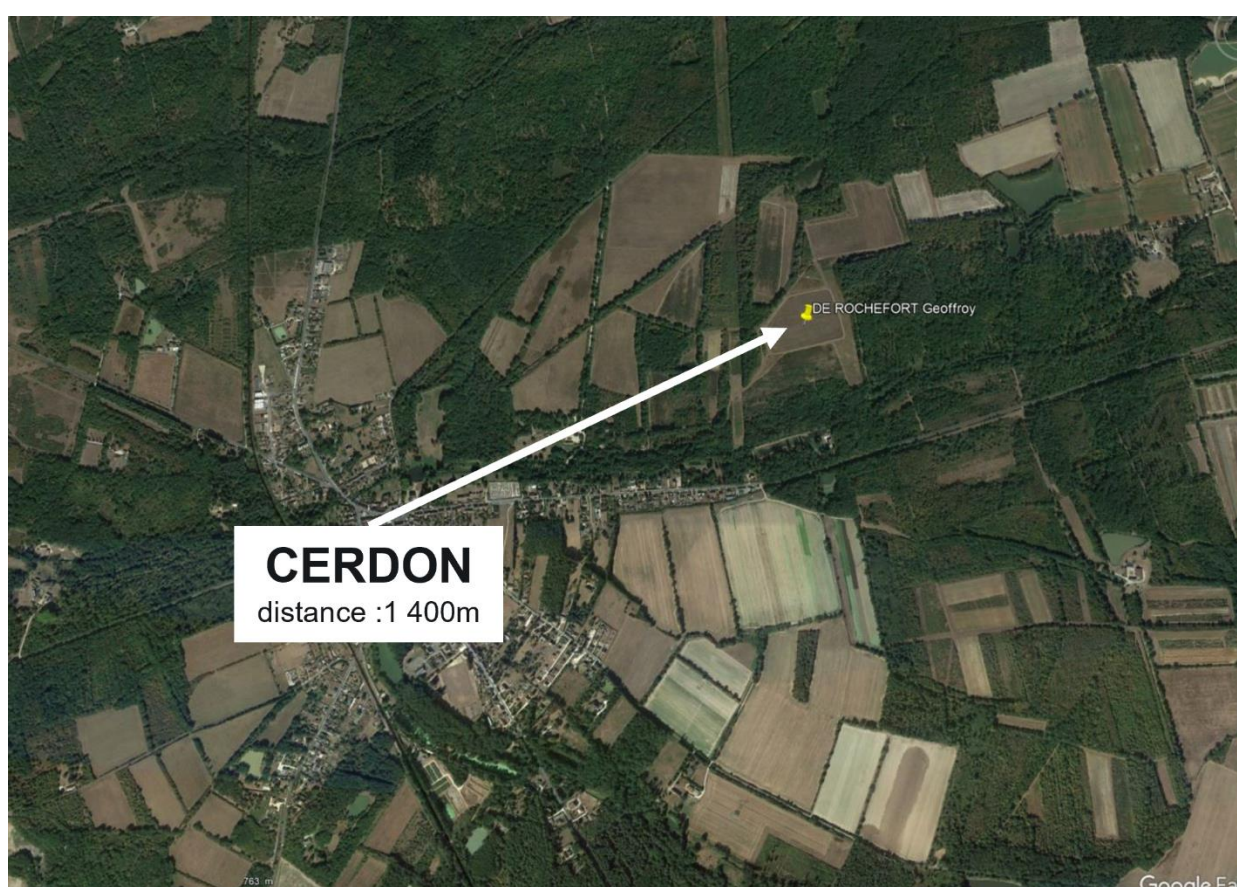
2. FONCTIONNEMENT DE L'EXPLOITATION

Monsieur de Rochefort est en reconversion professionnelle, après avoir obtenu son diplôme DPREA il souhaite maintenant implanter une activité agricole sur des terres qui appartiennent à ses parents à côté de Cerdon.

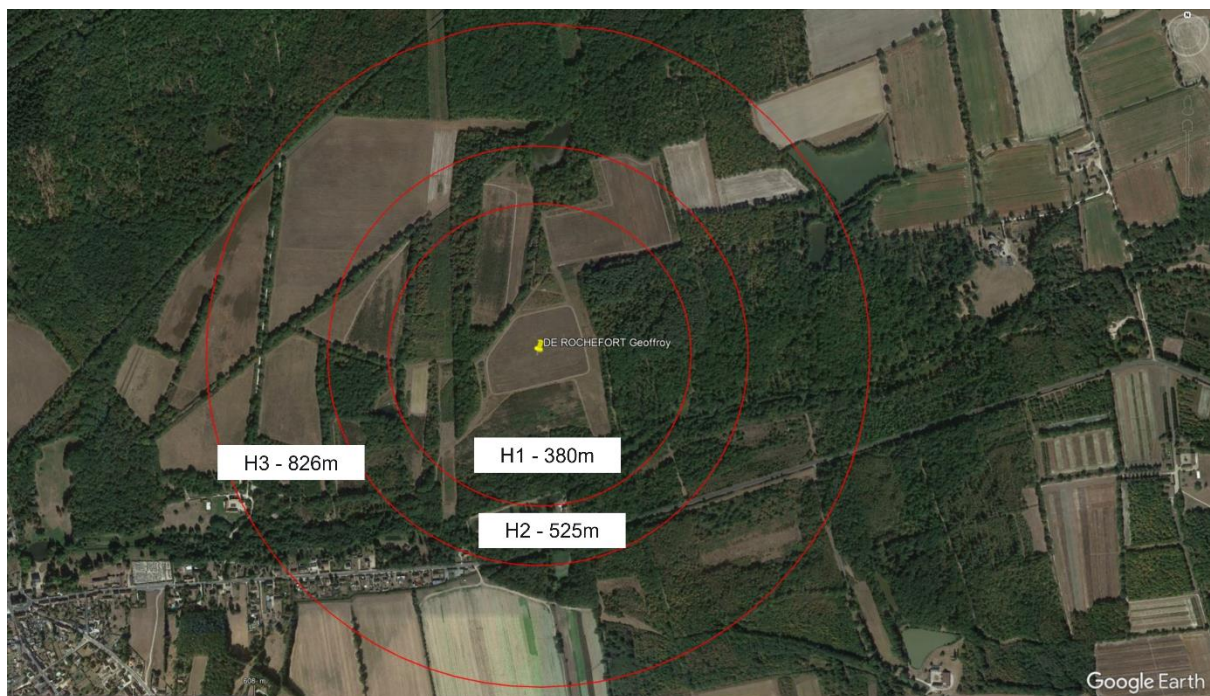
La démarche que souhaite développer Monsieur de Rochefort et Technique solaire à travers ce projet agrivoltaïque est l'utilisation d'une solution technique innovante pour la culture pérenne de pommes dans le Loiret.

Situation

L'exploitation se situe dans la Commune de Cerdon (45620) dans le Loiret. Elle est située à proximité de Cerdon et à 45km à vol d'oiseau d'Orléans.



Habitations :



H1 – première habitation tiers à proximité du projet (380m)

H2 – deuxième habitation tiers à proximité du projet (525m)

H3 – Habitation du propriétaire de la parcelle : Monsieur de Rochefort (père) (826m)

Photos du terrain :





Fonctionnement de l'exploitation

Les 150 hectares de surface agricole utilisée (SAU) est réparti de la manière suivante :

- 8 hectares de pommiers
- 142 hectares de ovins

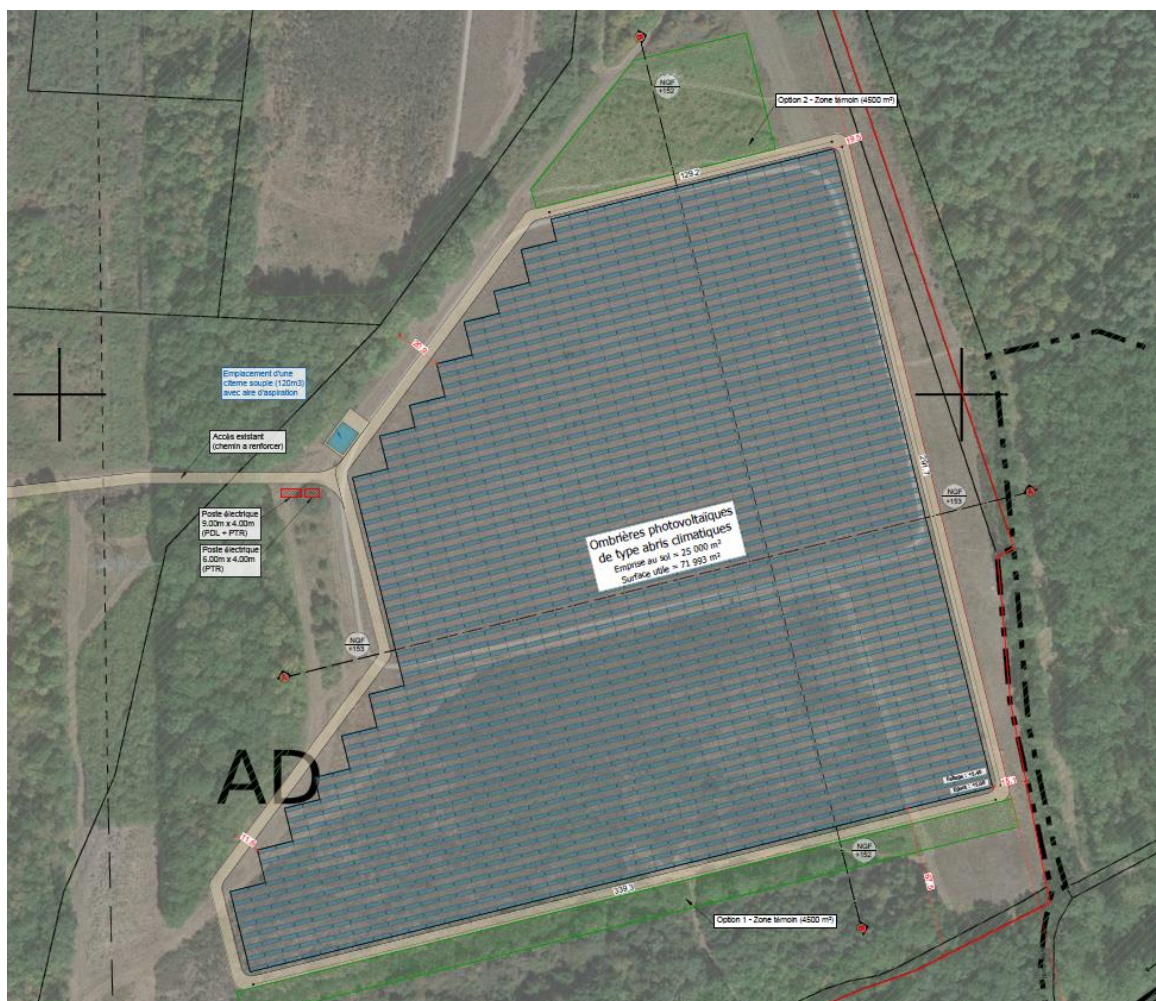
Monsieur de Rochefort souhaite mécaniser au maximum son exploitation aussi bien sur la partie entretien de cultures et récolte que sur la partie transformation (en cidre et jus).

La commercialisation de ses produits se feront en circuit court et une petite partie pour la restauration.

Dans le cadre de ce projet de verger, Monsieur de Rochefort va embaucher un CDI à temps plein sur la partie transformation et environ 6 à 8 saisonniers sur la partie taille et récolte.

3. LE PROJET D'ABRIS CLIMATIQUE SOLAIRE DE MONSIEUR DE ROCHEFORT

Ce projet porte sur la réalisation d'un abris climatique photovoltaïque d'une emprise au sol d'environ 25 000 m² et pour une surface utile d'environ 72 000 m² permettant de réduire très fortement les impacts des aléas climatiques et ainsi sécuriser le chiffre d'affaires de l'exploitation, tout en améliorant les conditions de travail et de production des cultures avec une structure en acier galvanisé intégrant une couverture partielle de panneaux photovoltaïques.



En conséquence, les objectifs dans cette démarche peuvent être résumés ainsi:

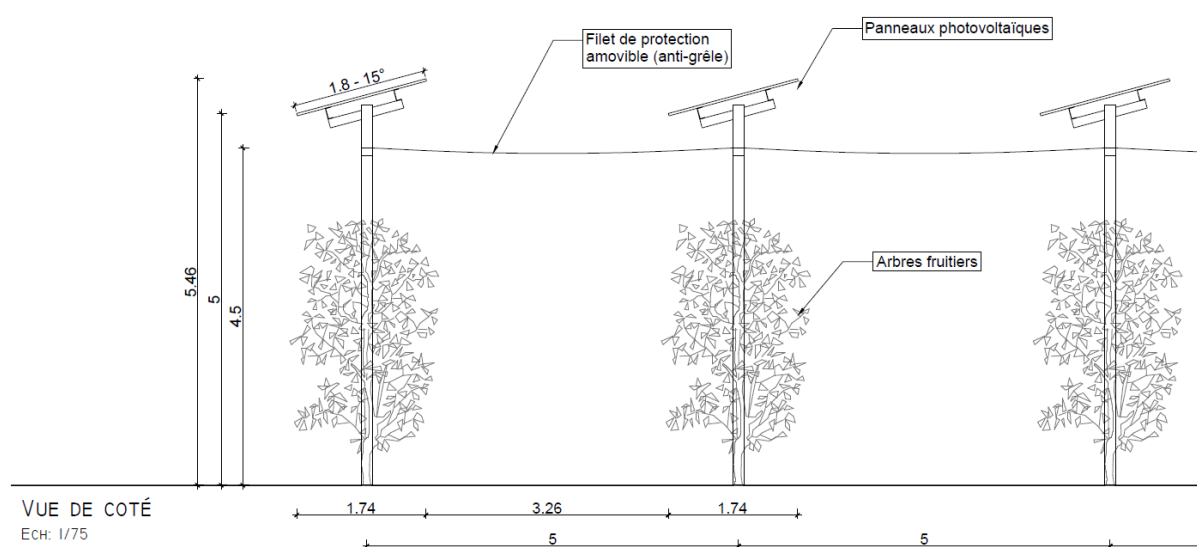
- Développement et pérennisation de l'activité de production
- Allongement de la période de production
- Amélioration des conditions de travail sous abris climatiques
- Efficacité de l'organisation du travail avec des nouveaux espaces
- Sécurité de production contre les aléas climatiques (fortes chaleurs, grêle, et excès pluviométriques)

Il s'agit d'un investissement agricole réfléchi et important en termes de développement et pérennité de l'entreprise.

L'abris climatique photovoltaïque pour pommiers

L'abris climatique photovoltaïque, développé par Technique Solaire, avec des arboriculteurs, consiste en une succession de tables photovoltaïques dont le pan sud a une couverture photovoltaïque pour une couverture d'environ 34%.

Le design (hauteur, longueur du rampant etc.) répond aux besoins des exploitants au cas par cas, il est ainsi différent selon : la culture, les engins utilisés, la zone géographique, la parcelle, les demandes particulières de l'exploitant.



Plan de coupe du projet

Pour ce projet, la pente des différentes tables est de 15° avec une hauteur à l'égout de 4,5 m et une hauteur au faîtage de 5,46 m. Des filets anti-grêle amovibles peuvent être tendus entre les tables photovoltaïques lorsque l'exploitant le juge important.

Cultures que l'exploitant souhaite mettre en place :

Environ 30T / hectares à partir de la 5^{ème} année après plantation avec 10 variétés de pommes (ci-dessous) afin de faire du cidre et du jus :

- Chanteline
- Cul d'Oison
- Dalinette
- Faro
- Golden
- Orange
- Pilot
- Querina
- Reinette du Mans
- Suntan

La culture du pommier

La domestication et la biologie du pommier

Le pommier qui appartient à la famille des rosacées, est apparu en Asie centrale, et s'est étendu en Europe à l'arrivée de l'agriculture. Le pommier est l'arbre le plus cultivé au monde avec plus de 6000 variétés créées, à partir d'une même base génétique : *Malus sieversii*.

Mode de production et itinéraire technique

L'assolement de la parcelle incluse dans ce projet agrivoltaïque suit le cas d'un atelier arboricole avec une plantation mono-spécifique sur une durée d'au moins 30 ans. La culture sera réalisée sur des rangs séparés de 4,5m permettant le passage facilité des machines et de leurs attelages. La forme, la taille et l'emprise au sol de la structure sur la parcelle ont été pensées avec l'agriculteur pour respecter son itinéraire technique.

Plantation en butte et drainage de la parcelle

Les rangs seront plantés sur butte afin de limiter les risques d'asphyxie racinaire en favorisant le drainage de l'eau. Les buttes auront été préalablement préparées avant la plantation, à l'aide d'une butteuse.

La plantation en butte améliore les conditions de production avec :

- Plus de hauteur de terre pour les racines,
- Un drainage efficace en conditions humides,
- La captation optimum des rayons solaires (réchauffement de printemps),
- Réduit le risque de pourriture racinaire,
- L'optimisation de la disponibilité en nutriment par favorisation de la dégradation en matière organique présente dans l'humus,
- L'augmentation des échanges gazeux avec l'atmosphère.

Entre les rangs, une installation de drains (p.ex micro-fossés) sera réalisée pour maximiser le ruissèlement de l'eau superficielle et finalement éviter la prolifération de nuisibles (fongique, bactériennes, etc.)

Le palissage

Le palissage consiste à conduire une plante sur une structure de soutien, en y attachant ses tiges et ses branches à l'aide de liens. Le palissage recouvre plusieurs objectifs :

- augmenter l'efficacité de la photosynthèse en optimisant la surface foliaire exposée aux rayonnements solaires.
- faciliter le passage d'outils de travail du sol, de fertilisation ou de pulvérisation (vue sous l'angle de la mécanisation).

- Améliorer le rendement et la qualité de production.

Le système de soutien est mis en place pour toute la durée de vie des pommiers. Le système collectif est le plus communément utilisé et se décompose en une série de poteaux espacés selon la distance entre les plants, et une série de fils horizontaux (Figure 6).



Palissage d'un verger à l'aide d'une structure de soutien avec une série de poteaux en bois et de fils en fer horizontaux.

L'ancrage des poteaux en bout de rang, la distance entre les poteaux et l'attache des tiges aux fils de soutien sont les éléments déterminants sur la solidité du système de palissage collectif. Le palissage doit résister à la fois à la charge maximale des plants (atteinte lors de la maturation des fruits), mais aussi permet de résister à la chute des arbres lors de vents violents.

Dans ce projet agrivoltaïque, l'exploitant agricole souhaite conduire son verger à l'aide d'un palissage. Il est à noter que les poteaux utilisés dans la future installation agrivoltaïque seront les poteaux de soutien des panneaux solaires, induisant donc une baisse des coûts d'investissement à l'installation du verger (voir 3.2.4).

L'irrigation

La parcelle du projet sera irriguée par un système de micro-irrigation (goutte-à-goutte). Le principal avantage d'un système de micro-irrigation est la limitation des pertes d'eau dans l'atmosphère, l'absence d'irrégularités d'apport d'eau liées à une mauvaise dispersion par l'influence du vent, de pertes par percolation ou ruissellement. La gestion raisonnée d'apport en eau au niveau du pied des plants réduit les stress hydriques, l'asphyxie racinaire et la prolifération de nuisibles (bactéries, champignons, etc.) due à une stagnation d'eau à la surface du sol. Les besoins totaux en eau d'un verger de pommiers sont d'environ de 800 mm, en fonction de la réserve utile du sol et des précipitations locales.

Dans le cadre de ce projet agrivoltaïque, l'irrigation sera contrôlée par l'intermédiaire de sondes d'humidité, incluses dans le suivi agronomique financé par Technique Solaire.

Fertilisation

Les excès ou les carences en lien avec la fertilisation organique azotée provoque des conséquences directes sur le verger telles que les baisses/excès de vigueur, des chutes de rendements, une perte de qualité (notamment sur la coloration) ou encore une exacerbation du phénomène d'alternance. Il a été déterminé que les apports, pour un objectif de rendement de 1 t/ha, doivent atteindre :

- 1,2 à 1,6 kg/an/ha d'azote
- 1,65 kg/ha/an de superphosphate
- 2 à 2,5 de potassium
- 0,75 kg/ha/an de magnésium

Technique Solaire finance lors de la mise en place des projets agrivoltaïques des analyses de sol pour déterminer les caractéristiques organiques et chimiques de la parcelle après la phase chantier. Ces analyses seront utilisées pour répondre au mieux aux enjeux pédologiques et pour faciliter la mise en place du nouveau atelier agricole.

Eclaircissage et la taille

L'éclaircissage vise à ajuster la charge de fruits au potentiel productif de l'arbre en réduisant artificiellement la compétition annuelle qui existe entre les fruits durant la période de développement. Plus précisément, l'éclaircissage permet :

- La maintien d'un volume uniforme de récolte année après année, en évitant les récoltes excessives pour assurer une bonne floraison l'année suivante (lutte contre l'alternance),
- L'amélioration du calibre des fruits et de son uniformité,
- La réduction du cout de récolte et du déclassé,
- Le contrôle plus facile de certains ravageurs.

En fonction des cultivars, l'éclaircissage est plus ou moins aisé. Pour s'adapter à la variété cultivée et selon le degré de mécanisation, il existe le moyen chimique (3 à 5 pulvérisations par an) ou manuel (Darwin©, à la main).

L'action de tailler se réalise en hiver et en été et consiste à optimiser la mise à fruit en permettant à la sève d'atteindre plus rapidement les bourgeons à fruits. La taille consiste plus particulièrement à orienter les rameaux pour une meilleure diffusion de la lumière et à supprimer du bois.

Il est à noter que le suivi agronomique financé par Technique Solaire permettra au personnel technique d'être conseillé sur la conduite culturale au cours des premières années. Les pratiques et les outils des techniciens agricoles restent inchangés en présence de la structure agrivoltaïque.

Le partenariat entre Mr de Rochefort et TECHNIQUE SOLAIRE

Le développement et la construction d'un abris climatique photovoltaïque au lieu-dit « Terres du Château » est fait dans le cadre d'un bail à construction et d'un prêt à usage entre Monsieur de Rochefort et TECHNIQUE SOLAIRE.

Le financement des structures contre la revente d'électricité

Le projet est financé intégralement par TECHNIQUE SOLAIRE avec des fonds propres et de la dette remboursée avec la revente de l'électricité produite par les panneaux pendant la durée du bail.

L'exploitant a la jouissance des abris climatiques à titre gratuit pendant la durée du bail ainsi que le financement des plants. Les revenus issus de la revente de l'électricité servent à financer le projet et à assurer l'exploitation et la maintenance de l'installation photovoltaïque. Par ailleurs, l'exploitant pourra s'il le souhaite revendre l'énergie pour son propre compte à l'issue du bail.

Un projet agrivoltaïque à impact positif

L'option d'installation d'une unité de production photovoltaïque sur les abris climatiques est motivée par la volonté d'inscrire le projet dans une démarche de développement durable, en produisant de l'électricité au moyen d'une source d'énergie renouvelable et non polluante.

La production moyenne annuelle de l'abris climatique serait d'environ **6 752 250 kWh**

Le bilan environnemental d'une installation utilisant les énergies renouvelables se mesure en calculant les économies réalisées en ressources non renouvelables. En France, la quantité équivalente de CO2 émis dans l'atmosphère par la production électrique s'élève à 0,089 kg/kWh (ratio européen : 0.360kg/kWh).

L'équipement du projet en abris climatiques photovoltaïques permettrait donc d'éviter l'émission d'environ 601 T/an de CO2 dans l'atmosphère, soit 18 030 tonnes de CO2 sur 30 ans (ratio français).

A titre de comparaison, la production réalisée équivaldrait à la consommation annuelle en électricité (hors chauffage et eau chaude sanitaire) d'environ **2 455** foyers (à raison de 2750 kWh/an/foyer).

Ces projets participeront à faire de Cerdon un territoire à énergie positive.

4. Description de la synergie entre la production agricole et la production électrique photovoltaïque

Les besoins agricoles identifiés et les services apportés par la structure agrivoltaïque

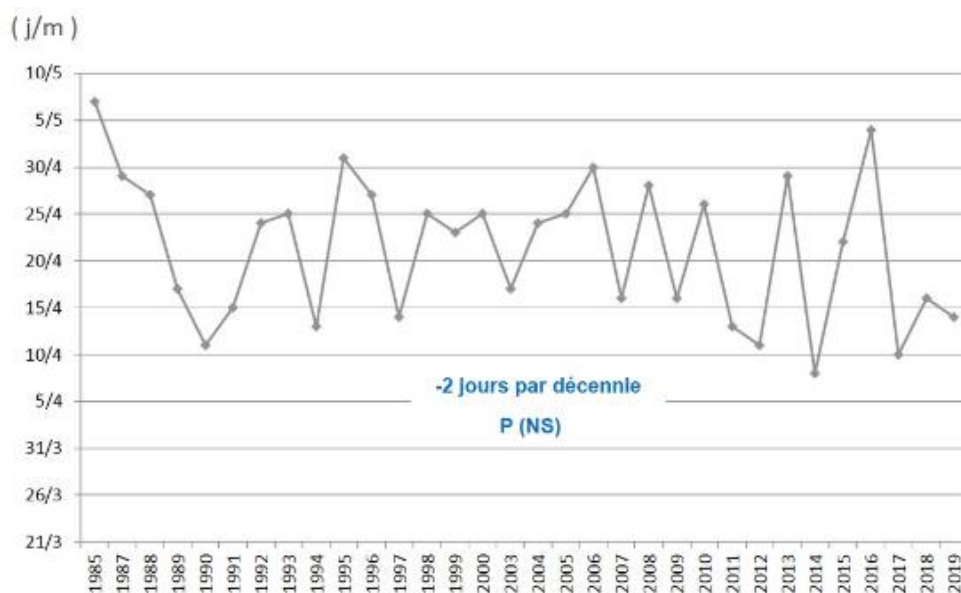
Les aléas climatiques et le dérèglement climatique dans le Centre Val de Loire

L'effet de la hausse des températures

La température est l'une des composantes régulatrices majeures des processus chimiques et biochimiques du vivant. Elle joue un rôle clé aussi bien dans la définition de la quantité de biomasse produite que la qualité des récoltes. Selon les travaux de l'ORACLE de la région Centre Val de Loire⁷, les conditions atmosphériques évoluent, notamment vis-à-vis de la température, telles que :

- Hausse des températures moyennes de 0,3°C tous les 10 ans
- Réchauffement plus marqué au printemps et surtout en été
- Légère diminution du nombre de jours de gel annuel
- Augmentation du nombre de journées échaudantes (> 25°C)

L'augmentation des températures aura un impact sur la phénologie des plantes. Il a été observé par l'ORACLE du Centre Val de Loire que les pommiers fleurissent deux jours par décennie plus tôt, en raison de l'augmentation de la température hivernale (c.à.d. manque de vernalisation ; Figure ci-dessous).



Evolution de la date de floraison du pommier *Golden delicious*.

Ainsi, la fertilité des cultures aussi bien que le démarrage de la végétation de printemps seront fortement impactés par des températures élevées enregistrées durant la saison hivernale. De plus les avancées de la floraison, associées aux hausses des températures hivernales, sont susceptibles de subir le risque de gel nocturne printanier avec des conséquences sur les rendements. En été, les

⁷ Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Centre Val de Loire – Edition 2019

températures élevées génèrent des phénomènes de brûlure et d'échaudage impactant négativement les rendements et la qualité des débouchés (déclassement des fruits).

L'effet du stress hydrique

Le stress hydrique représente le bilan hydrique théorique d'une plante, soit la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration potentielle. La transpiration étant le moteur du transport de l'eau dans les végétaux, si l'évapotranspiration de la plante est supérieure à la ressource en eau au niveau des racines, alors la plante est en stress hydrique.

Dans la région Centre Val de Loire, l'évolution du déficit hydrique climatique saisonnier montrent une tendance à la baisse sauf l'hiver qui présente une tendance à la hausse (+1,3 mm/10 ans) mais non significative :

- + 1,3 mm par décennie en hiver (non significatif) ;
- 3,9 mm par décennie au printemps (non significatif) ;
- 6,8 mm par décennie en été, soit - 40 mm en 58 ans ;
- 4,2 mm par décennie en automne, soit - 24 mm en 58 ans.

Face à cette augmentation du déficit hydrique, les besoins en irrigation vont augmenter, selon les caractéristiques du sol (particulièrement la réserve utile), dans un contexte de raréfaction de l'eau disponible pour l'irrigation.

L'effet sur les nuisibles et les maladies

Le changement climatique influe fortement sur le développement de nouvelles maladies, l'apparition de ravageurs émergents et l'adaptation de ravageurs déjà existants. Dans le cas plus précis du Centre Val de Loire et du pommier, le *Thrips tabaci* réalise 5 cycles par an depuis 1991-2019 au lieu de 4 cycles par an entre 1961-1990. Le premier vol théorique a été avancé de 17 jours entre ces deux pas de temps. Ces évolutions du nombre de cycle engendrera des pressions supplémentaires sur les vergers et finalement impactera directement les itinéraires techniques et finalement la rentabilité de ces derniers.

Le gel tardif

En lien avec l'avancée de la floraison, issue des températures hivernales plus élevées, les pommiers sont plus susceptibles à subir des conséquences importantes (baisse de rendement) dus aux effets du gel (chute des fleurs). Ce phénomène de plus en plus fréquent peut provoquer une perte nette de l'ordre de 100% du rendement agricole, comme observé dans le Loiret avec 80% de perte en 2021 sur les côteaux du Giennois ou à moindre mesure (20 à 30%) lors de l'année 2022, d'après la Chambre d'Agriculture du département⁸.

La grêle

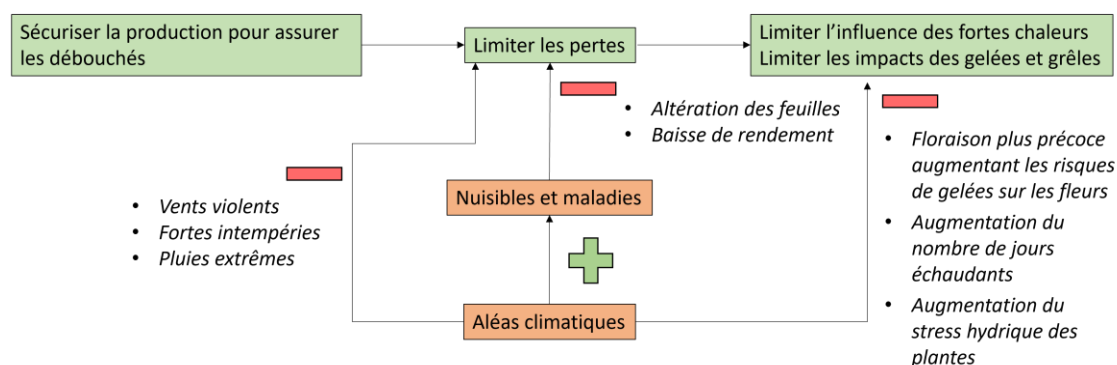
La grêle est un aléas climatique très imprévisible dont la récurrence et l'intensité ne suit pas de tendance significative. Néanmoins leurs impacts s'avèrent vérifiés sur l'ensemble de la France et notamment chez les producteurs arboricoles. L'investissement pour la mise en place de filets anti-grêle est un lourd investissement

⁸ <https://www.francebleu.fr/infos/agriculture-peche/les-degats-limites-dans-le-loiret-apres-la-vague-de-gel-20-a-30-de-pertes-1650460345>

(10 000 – 15 000 €/ha, hors heures mécanisation), à renouveler tous les 8 à 10 ans. Leur déploiement et leur repliage/déploiement nécessite une main d'œuvre annuelle estimée à environ 2 370 €/ha/an⁹.

Les services apportés par la structure agrivoltaïque

Ce projet agrivoltaïque a pour objectif de sécuriser les débouchés en prévenant ses vergers des impacts multiples du dérèglement climatique et des insectes nuisibles (Figure ci-dessous).



Besoins agricoles identifiés et les menaces associées

L'exploitation souhaite également réduire son apport en eau dans les vergers, et cela ne semble pour l'instant pas cohérent avec les phénomènes climatiques : diminution des précipitations et augmentation de l'évapotranspiration. L'ombrage des panneaux solaires limitera l'évapotranspiration ainsi que le stress hydrique des plantes et *in fine* permettra une optimisation de l'irrigation. En effet des études menées à différentes latitudes (Espagne, France, Allemagne) et sur différentes cultures (p. ex. pommiers, vignes) sous panneaux solaires révèlent une baisse de l'ordre de 20-30% de l'évapotranspiration¹⁰.

Une synergie technique

Pour rappel, les enjeux présentés sur l'exploitation sont ceux d'assurer la continuité d'approvisionnement des débouchés en limitant les pertes de productions liées aux canicules (jours échaudants), aux périodes de gels, aux épisodes de grêle, aux insectes nuisibles, ainsi que de tendre vers une optimisation de l'irrigation dans un contexte de sécheresse.

Pour répondre à ces enjeux agricoles, les panneaux solaires ont pour effet direct de :

- Créer un ombrage qui va permettre de diminuer les effets des fortes chaleurs sur les fruits ; diminuer le phénomène d'évapotranspiration en permettant de conserver l'eau dans le sol et ainsi réduire le stress hydrique des plantes et donc le besoin en irrigation.
- Créer un écran thermique, conservant plus longtemps la chaleur accumulée la journée, ralentissant la chute de température dans les vergers durant la nuit et permettant alors de lutter contre les effets du gel.

⁹<https://www.lafranceagricole.fr/environnement/article/732973/filets-et-assurance-pour-faire-face-a-la-grele-dans-les-vergers>

¹⁰ SolarPower - Europe's Agrisolar Best Practice Guidelines – Version 2 - 2023

- Dévier la grêle afin qu'elles ne tombent pas directement sur les arbres permettant de diminuer la cassures des différents organes mais aussi les risques de maladies cryptogamiques (p. ex. mildiou).
- Lutter contre la prolifération d'insectes nuisibles, sans augmenter la fréquence d'utilisation des produits phytosanitaires, par la mise en place de filets anti-insectes sur le pourtour de l'installation.

Les structures photovoltaïques apportent un support à la mise en place des filets anti-grêle et brise vent nécessaires pour lutter contre les effets néfastes de fortes irradiances, des grêles et des vents violents et/ou asséchants.

Dans toutes les productions agrivoltaïques, en plus des avantages décrits précédemment, il est essentiel d'étudier la productivité totale de la parcelle associant production agricole et d'énergie. Les abris climatiques photovoltaïques permettent de décupler la productivité de la terre¹¹.

Une synergie économique

En plus d'avantages techniques, les abris climatiques photovoltaïques ont un avantage économique essentiel : la vente de l'électricité produite par les panneaux photovoltaïques permet de financer la construction des abris (structure, filets). De plus Technique Solaire va financer l'achat du matériel (p.ex. palissage, amarre, etc.) et des plants pour Monsieur de Rochefort. La réduction considérable de l'investissement initial permet d'avoir une production rentable dès les premières récoltes (soit environ 3 ans), sans avoir à contracter un emprunt sur plusieurs années. Pendant les années d'exploitation des vergers, les abris climatiques photovoltaïques permettent aussi de réduire les coûts de production (p. ex. irrigation) et diminuer les pertes de production.

La stratégie de partage lumineux

Le partage lumineux

Une simulation de lumière, réalisée grâce à l'outil SketchUp (package DL-Light), définit la quantité moyenne de lumière reçue au printemps et en été, pour des conditions météorologiques issues de relevés réalisés à Orléans (Figure ci-dessous).

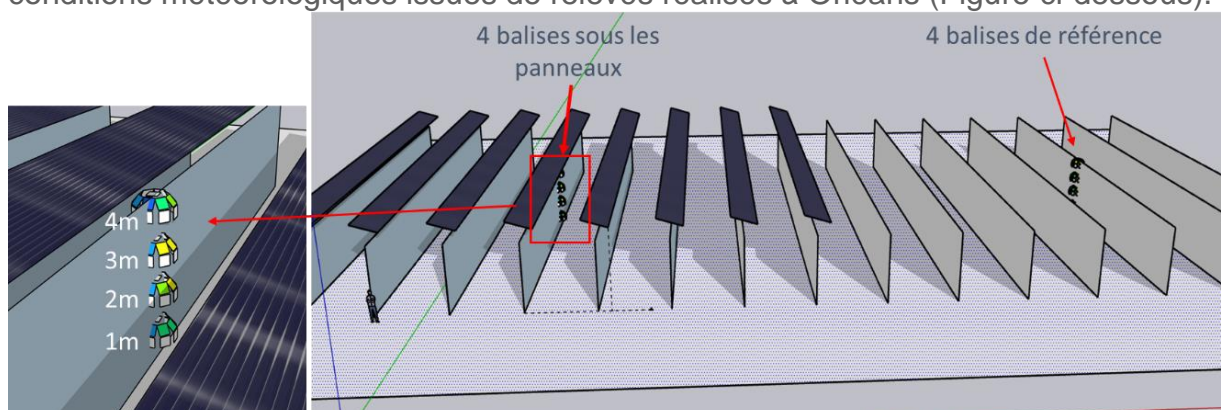


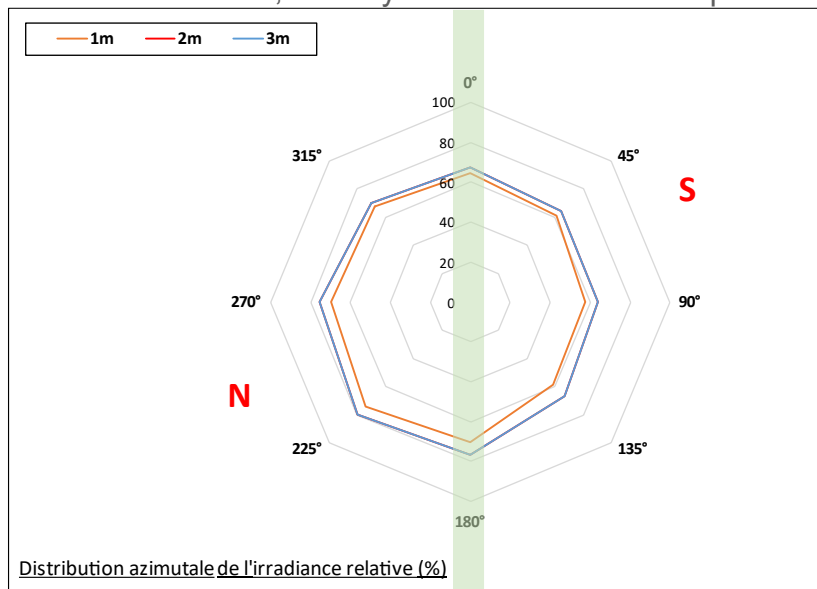
Schéma 3D de l'installation agrivoltaïque (Sketchup) et présentation des balises utilisées pour la quantification de la réduction de lumière sous les panneaux solaires.

Les résultats sont exprimés en irradiance relative, selon l'équation suivante :

¹¹ Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011). Renewable Energy, 36(10), 2725-2732.

$$\text{Irradiance relative (\%)} = \frac{\text{Quantité de lumière reçue sous les panneaux}}{\text{Quantité de lumière de référence}} \times 100$$

La figure ci-dessous présente l'irradiance relative simulée, selon différentes orientations et hauteurs (1 à 3 m), pour la saison de printemps. À 1 m, 2 m et 3 m, l'irradiance relative, en moyenne sur la saison de printemps, varie de 62 à 69 %.



Irradiance relative simulée à 1,2 ,3 et 4 m, selon l'orientation et la hauteur sous panneaux solaires

En moyenne sur toute la hauteur du rang (maximum 3m50 de haut), la quantité de lumière relative perçue par les pommiers atteint 61 % par rapport à une référence sans panneaux solaires (Tableau ci-dessous).

	% moyen de lumière reçue face "sud"		
	1m	2m	3m
printemps	62	68	69
été	63	69	69

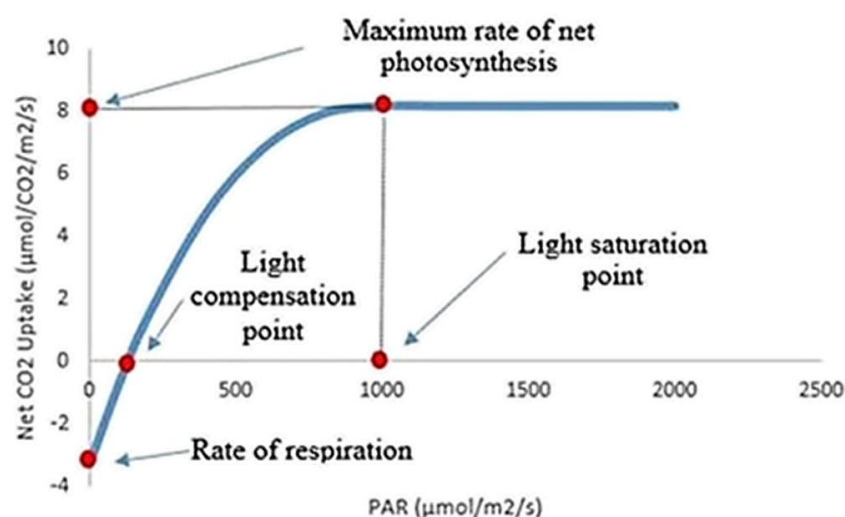
Irradiance relative moyenne sous l'installation agrivoltaïque

L'impact de la réduction de lumière

À l'heure actuelle, le monde agricole et scientifique manquent de recul sur l'impact de la réduction de lumière sur le maintien du bon état physiologique de la plante et son pouvoir de produire des débouchés économiquement viables. De nombreux essais sont d'ores et déjà en cours en France et dans le monde pour étudier les synergies possibles entre la production agricole et la production d'énergie solaire. Pour caractériser les espèces et les variétés tolérantes à l'ombrage plusieurs approches sont mises en place dont celle présentée ici : la courbe de réponse de l'activité photosynthétique en fonction de la quantité de lumière.

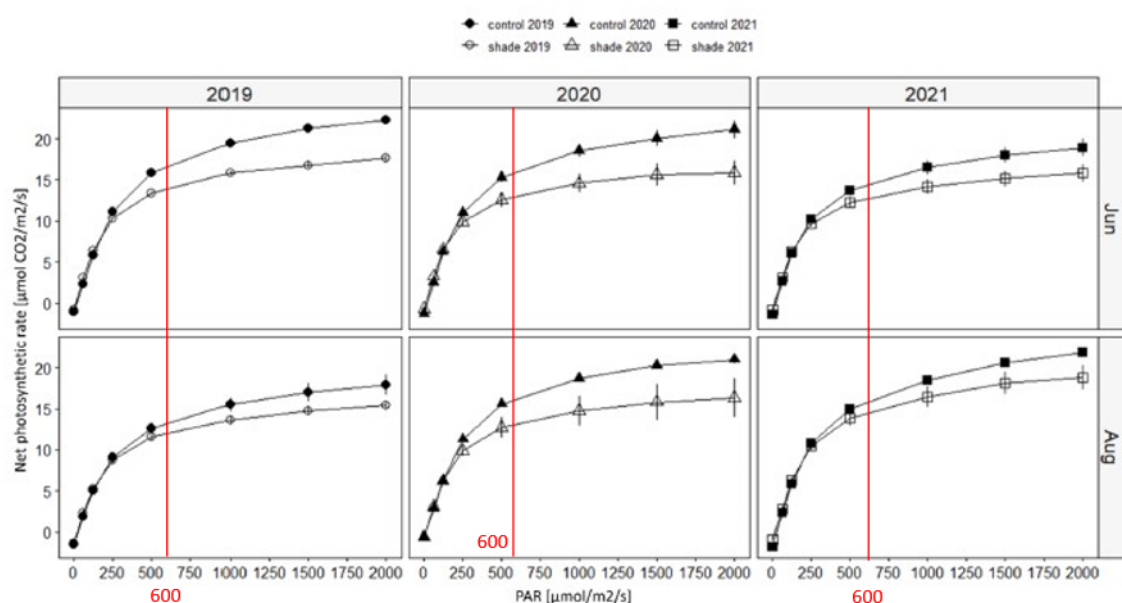
La courbe de réponse de l'activité photosynthétique en fonction de l'irradiance (PAR, plage de 400 nm à 700 nm ; Figure ci-dessous) permet de déterminer le point de saturation lumineuse pour lequel la plante atteint un taux photosynthétique maximum, au-delà duquel toute augmentation de l'irradiance n'a pas d'impact perceptible sur le rendement²⁵.

²⁵ Willockx, B., Herteleer, B., & Cappelle, J. (2020). Combining photovoltaic modules and food crops: first agrovoltaic prototype in Belgium. Renewable Energy & Power Quality Journal (RE&PQJ), 18



Le taux photosynthétique (exprimé en quantité de CO₂ absorbée par la plante) en fonction de l'irradiance perçue par la plante (exprimée en μmol/m²/s).

Concernant les le pommier, une fourchette de valeurs de point de saturation a été définie et est comprise entre 800 – 1000 μmol/m²/s. À partir d'une référence bibliographique²⁶²⁷, un seuil d'irradiance est défini à 600 mol/m²/s, pour lequel le taux photosynthétique est réduit de 25 % (Figure ci-dessous).



Courbe de saturation du taux photosynthétique (en μmolCO₂/m²/s) en fonction d'irradiance (en μmol/m²/s) pour le pommier, au mois de juin et juillet, selon un verger conventionnel (en noir) et un verger agrivoltaïque (en blanc).

Les valeurs moyennes (1980 – 2020) d'irradiance à Orléans ont été récupérées grâce au logiciel PVSyst. Ces valeurs correspondent à la quantité moyenne de photons reçue sur un plan horizontal au sol, orienté plein sud, pour chaque mois de l'année (exprimées en μmol/m²/s). La réduction d'irradiance moyenne, calculée à partir du modèle de simulation d'ombrage (Tableau 6), a été appliquée à ces valeurs de référence, pour obtenir in fine des valeurs d'irradiance simulées sous panneaux solaires.

²⁶ Ebert, G., & Casiera, F. (2000). Does a net always reduce the assimilation of apple trees?. *Erwerbsobstbau*, 42(1), 12-14.

²⁷ Tartachnyk, I. I., & Blanke, M. M. (2004). Effect of delayed fruit harvest on photosynthesis, transpiration, and nutrient remobilization of apple leaves. *New Phytologist*, 164(3), 441-450.

Il a été calculé que les pommiers atteindront le seuil défini précédemment en moyenne 41 % et 44 % du temps, respectivement au printemps et en été. Sans panneaux solaire, le seuil de saturation à 600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (soit une perte du taux photosynthétique maximal de 25 %) est atteint à 64 % du temps au printemps et en été.

5. Suivi agronomique

Conformément au Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire « Centrales sur bâtiments, serres agrivoltaïques, hangars, ombrières et ombrières agrivoltaïques de puissance supérieure à 500 kWc », édité par la CRE, il est obligatoire que le projet soit suivi sur toute la durée du contrat de rémunération (20 ans). Ce suivi, financé par Technique Solaire, est assuré par un organisme indépendant (p. ex. chambre d'agriculture, bureau d'étude, organisme professionnel, etc.).

Lors du suivi, les performances agronomiques et financières de la parcelle agrivoltaïque sont mesurées et comparées à une zone témoin. Cette zone témoin ne comportant aucune installation équipée de modules photovoltaïques ni apportant de l'ombre est située à proximité immédiate de l'installation agrivoltaïque, connaît des conditions pédoclimatiques équivalentes et est cultivée dans les mêmes conditions (espèces et variétés de cultures, densité de culture, itinéraire technique) que la parcelle sur laquelle est située l'installation agrivoltaïque. Les résultats sont délivrés tous les 3 ans à la CRE et constituent un retour d'expérience. Les écarts notables de production entre l'ombrière agrivoltaïque ou la serre agrivoltaïque et celle de la zone témoin doivent être justifiés.

Il est à noter que Technique Solaire, dans sa démarche de suivi agricole de ses projets, s'est doté d'une équipe dédiée à cette thématique, composée notamment de profils experts (ingénieur agronome, docteur en sciences de l'environnement...)

6. La préservation du sol agricole

Le sol agricole : définition

La fertilité d'un sol repose sur trois piliers : physique, chimique et biologique. Il suffit qu'un seul de ces piliers soit altéré pour impacter la fertilité globale du sol.

La composante physique

Un sol compacté laisse peu circuler l'air et l'eau et constitue un frein mécanique au développement racinaire. En surface, la compaction peut être à l'origine de la formation d'une croûte de battance, faisant rempart à la levée. En profondeur, le manque d'oxygène peut entraîner une asphyxie des horizons du sol, fortement préjudiciable au rendement des cultures.



***Sol compacté, pauvre en
matière organique, peu
fertile***



***Sol souple, riche en matière
organique, fertile***

La composante chimique

Le sol est un écosystème vivant dans lequel les micro-organismes digèrent la matière organique et la transforment en éléments simples utilisables par les racines des végétaux pour produire de la biomasse. Mais ce processus ne fonctionne que dans un milieu chimiquement équilibré : un pH trop faible ou trop élevé, une carence en minéraux ou en oligo-éléments peuvent freiner ou bloquer complètement le cycle de recyclage de la matière organique. Le sol s'appauvrit et des signes de carence apparaissent sur les cultures, impactant alors le rendement.

La composante biologique

La matière organique est le carburant de l'ensemble de la vie du sol. Elle a différentes origines possibles : résidus de cultures (racines, chaumes, pailles) ou apports extérieurs (amendements, composts, fumiers). Si les micro-organismes du sol jouent un rôle essentiel dans la minéralisation de cette matière organique (bactéries) et la production d'humus (champignons), les macro-organismes sont les artisans de sa décomposition. Sans l'activité biologique du sol, il n'y a pas de minéralisation, pas d'humus produit, pas de porosité pour assurer la circulation de l'eau et de l'air et à terme, pas de croissance possible pour les végétaux.

Ainsi, le sol est un support, réservoir et habitat dont la préservation est essentielle, pour le maintien de la biodiversité, le rendement des futures cultures qui y seront implantées, la réduction des gaz à effet de serre, la préservation de la ressource en eau, etc. La phase chantier, impliquant le passage d'engins de plusieurs tonnes, voire de dizaines de tonnes a un impact négatif non négligeable sur la santé de ce sol. En effet, la compaction du sol induit une déstructuration du sol avec une perte importante de porosité, induisant une asphyxie de l'activité biologique des sols et des racines, une moins bonne capacité de drainage de l'eau et des difficultés racinaires à pénétrer

ce dernier. C'est pourquoi, il est essentiel de mettre en place des pratiques permettant de prévenir la compaction et de régénérer le sol, et ce à différentes étapes de la vie du chantier, et impliquant différentes parties prenantes.

Les bonnes pratiques mises en place par Technique Solaire pour la préservation des sols agricoles

Il y a trois étapes principales lors d'un chantier permettant l'installation d'une installation agrivoltaïque chez Technique Solaire, ces dernières nécessitant des engins de poids et charges à l'essieu différents :



Figure7 : Les différentes étapes de la phase chantier d'une installation agrivoltaïque chez Technique solaire

De tels engins induisent une compaction du sol, soit une augmentation de la densité apparente du sol (kg/m^3 de sol) et une diminution de la porosité du sol.

Technique Solaire, lors de la phase chantier, met en place différentes actions pour limiter la détérioration du sol, avec :

- L'intégration et la concertation, avant le lancement du chantier, avec l'agriculteur : validation des chemins, définition des fourrières des engins de chantier, sensibilisation des équipes chantier sur la sensibilité du sol,
- L'exclusion d'une phase de terrassement e/ou du prélèvement de l'horizon organique,
- La mise en place de chemins pour les engins de chantier
- La mise en culture avant le début de la phase chantier d'une variété à fort enracinement (ex. sorgho, luzerne) et si possible un faible travail du sol (p. ex. labour) selon l'agriculteur

Ces bonnes pratiques vont permettre de réduire la compaction du sol agricole lors de la phase chantier et seront complétées en après la phase chantier par la collaboration des équipes de BIO3G.

L'accompagnement de BIO3G pour revitaliser les sols

Depuis 1997, la société BIO3G conçoit, fabrique et commercialise une gamme de produits naturels et innovants destinés aux agriculteurs et aux professionnels de l'espace vert. Plutôt que de perfuser le sol et les végétaux d'apports chimiques, la société BIO3G propose de stimuler la vie du sol à travers une gamme d'activateurs de sol et de produits foliaires à base d'algues.



Le service technique de la société BIO3G est composé d'experts agronomes qui se déplacent sur tout le territoire pour diagnostiquer l'état des sols, conseiller les agriculteurs et proposer les solutions les plus adaptées pour répondre à leurs problématiques et à leurs enjeux.

La société BIO3G travaille en partenariat avec différents laboratoires et réalise chaque année plus de 3000 analyses de sol, fourrages, rameaux, sarments et effluents d'élevage, lui permettant de réaliser des diagnostics précis, sur toutes les productions. Homologué sous le n° d'AMM 1200070, le biostimulant RHIZEOS® a été développé en collaboration avec le CNRS. Il s'agit d'un complexe de micro-nutriments qui stimule l'activité microbienne dans la zone racinaire. D'après une étude académique³⁴, le biostimulant RHIZEOS®, en agissant sur les communautés bactériennes, permet de :

- Stimuler la minéralisation et l'humification des matières organiques dans le sol induisant une aération du sol avec une augmentation de la porosité,
- Stimuler les échanges entre le sol et les racines ce qui augmente l'absorption d'eau et de nutriments des végétaux,
- Stimuler la rétention des nutriments dans le sol avec des complexe hydro-rétenteur.

L'association des bonnes pratiques mises en place par Technique Solaire et l'expertise de BIO3G sur la stimulation des communautés bactériennes du sol ont pour vocation de préserver partiellement le sol du phénomène de compaction mais aussi d'accompagner l'agriculteur à la réception de son installation agrivoltaïque pour la bonne réussite de son nouvel atelier agricole.

34 Hellequin, E., Monard, C., Quaiser, A., Henriot, M., Klarzynski, O., & Binet, F. (2018). Specific recruitment of soil bacteria and fungi decomposers following a biostimulant application increased crop residues mineralization. PloS one, 13(12), e0209089.

7. Conclusion

Le marché français de la pomme subit des chutes de productions successives avec une forte concurrence des pays de l'Asie et du Moyen-Orient. La demande des Français et des industries de transformation ne tarissent pas, ce qui assure une demande importante de ce fruit fortement plébiscité en France. L'adaptation aux dérèglements climatiques de ces productions fruitières consiste à réduire leur sensibilité et leur vulnérabilité. La filière est en attente de solutions économiquement viables et efficaces. Le système agrivoltaïque, développé par Technique Solaire, représente une véritable protection face aux risques météorologiques identifiés et son installation représente un faible coût pour les arboriculteurs. Cette solution aura pour finalité de stabiliser la production, avec une plus grande régularité des débouchés. Les premiers essais de ces projets innovants seront suivis par des organismes indépendants, indispensables à la bonne compréhension du comportement de la culture sous ombrage partiel dynamique et au bon accompagnement des agriculteurs.

Annexe 1 : Moyens de lutte passive et active

Tableau 3 : Présentation des différents aléas climatiques associés à leurs moyens de lutte passive et leur principe

ALEAS	MOYEN	PRINCIPE
GEL DE PRINTEMPS	CHOIX DE LA PARCELLE	EVITER D'INSTALLER LA CULTURE EN ZONE GELIVE : « CREUX DE TERRAIN » OU LES FONDS DE VALLEES, DANS LESQUELS LES MASSES D'AIR FROID RISQUENT DE S'ACCUMULER ET STAGNER
	PRATIQUES CULTURALES	UN SOL NON TRAVAILLE ET/OU NON ENHERBE LIMITE LES EFFETS DES GELEES, UN ENHERBEMENT PEU DENSE SE COMPORTE PRESQUE COMME UN SOL NU. IL EST IMPORTANT DE VEILLER A FAUCHER OU BROIER LE COUVERT PLUSIEURS JOURS AVANT UN EPISODE DE GEL, AFIN DE LUI LAISSER LE TEMPS DE DISPARAITRE ET DE NE PLUS PRODUIRE DE MULCH ISOLANT
	FERTILISATION	APPORT EN NUTRIMENTS AZOTES, EN CALCIUM ET EN POTASSIUM EST FAVORABLE A UNE MEILLEURE RESISTANCE DE LA PLANTE AU GEL
GRELE/GEL	DISPERSION PARCELLAIRE	DISPERSION DES PARCELLES D'UNE MEME EXPLOITATION AFIN DE NE PAS EN EXPOSER L'ENSEMBLE DE LA PRODUCTION A UNE MEME AVERSE DE GRELE OU UN MEME EPISODE GEL
ABATS D'EAU	CHOIX DE LA PARCELLE	PRIVILEGIER LES PARCELLES SAINES ET DRAINANTES, A LA TEXTURE LEGERE, ET AVEC UNE FAIBLE PENTE NATURELLE POUR EVITER LES STAGNATIONS D'EAU
	SYSTEME DE DRAINAGE	LE DRAINAGE EST L'OPERATION QUI CONSISTE A FAVORISER ARTIFICIELLEMENT L'EVACUATION DE L'EAU PRESENTE DANS LA COUCHE SUPERIEURE DU SOL. CETTE EVACUATION DE L'EAU STOCKEE DANS LE SOL PEUT SE FAIRE A L'AIDE DE DRAINS AGRICOLES (TUBES PLASTIQUES PERFOREES) ENTERRES DANS LE SOL A UNE PROFONDEUR ET UN ECARTEMENT CALCULE, MAIS EGALEMENT A L'AIDE DE FOSSES.

Tableau 4 : Présentation des différents aléas climatiques associés à leurs moyens de lutte active : leur avantage/inconvénient, leur principe et leur coût.

ALEAS	MOYEN	PRINCIPE	AVANTAGES	INCONVENIENTS	COUT
GEL DE PRINTE MPS	TOURS ANTIGEL	UNIFORMISER LES TEMPERATURES EN MELANGEANT LA COUCHE D'AIR CHAUDE EN ALTITUDE ET LA COUCHE D'AIR FROIDE AU SOL. EFFICACE JUSQU'A -4°C.	PROTECTION PLUS LARGE, SURTOUT EN RESEAUX. UNE FOIS INSTALLEE, MIS EN SERVICE SIMPLE.	POLLUTION VISUELLE ET SONORE, ET PROBLEMATIQUES D'ENTRETIEN. INEFFICACE EN CAS DE VENT SUPERIEUR A 10KM/H, ET CONTRE LES GELS "RADIATIFS" OU GELEES NOIRES.	INVESTISSEMENT DE 40000 € POUR 5 HA, SOIT 800 €/HA + 250 €/HA DE FRAIS DE FONCTIONNEMENT.
	EOLIENNE MOBILE	IDENTIQUE A CELUI DES TOURS FIXES, MAIS POUR PROTEGER 3HA SEULEMENT. EFFICACE JUSQU'A -3°C.	MOINS COUTEUSES QU'UNE EOLIENNE FIXE, ET MOINS DE POLLUTION VISUELLE.	INEFFICACE EN CAS DE VENT SUPERIEUR A 8 KM/H, ET CONTRE LES GELS "RADIATIFS" OU GELEES NOIRES. NECESSITE DE LES STOCKER.	INVESTISSEMENT DE 30000 € POUR 3 HA, SOIT 1000 €/HA + 100€/HA DE FRAIS DE FONCTIONNEMENT.
	CONVECTEURS A AIR CHAUD : APPELES "CANONS A AIR CHAUD"	ILS DIFFUSENT DE L'AIR CHAUD, ET PROTEGENT ENVIRON 0,5HA JUSQU'A -3°C	EFFICACE CONTRE TOUS LES TYPES DE GEL ET ADAPTE AUX PARCELLES AVEC DES RUPTURES DE PAYSAGE.	BRUYANT ET EFFICACITE REDUITE EN CAS DE VENT >10KM/H.	INVESTISSEMENT 7000€, SOIT 1400€/HA + FRAIS DE FONCTIONNEMENT 300€/HA.
	ASPERSION : SYSTEME PERENNE DE "BRUMISATION" DES VERGERS PENDANT L'ALERTE GEL.	LE PASSAGE DE L'EAU DE L'ETAT LIQUIDE A L'ETAT SOLIDE VA PRODUIRE DE LA CHALEUR ET MAINTENIR A 0°C LA TEMPERATURE ENTRE LE BOURGEON ET LA COUCHE DE GLACE.	EFFICACE CONTRE TOUS LES TYPES DE GEL, JUSQU'A -7°C.	FORTE CONSOMMATION EN EAU (40 M3/HA/H) ET FORT RUISSELLEMENT SUPERFICIEL.	INVESTISSEMENT ENTRE 8000 € ET 140000 €/HA, SOIT 1000 €/HA + FRAIS DE FONCTIONNEMENT 350 €/HA.

	BOUGIES OU BUCHES CALORIFIQ UES	RECHAUFFEMENT DE L'AIR, EFFICACE JUSQU'A -4°C. IL FAUT 400 BOUGIES POUR PROTEGER 1HA PENDANT 8H.	ADAPTE AUX PETITES PARCELLES.	LA MANUTENTION RESTE LOURDE (20H/HA POUR 2 NUITS)	INVESTISSEMENT 2500€/HA + FRAIS DE MAIN D'ŒUVRE.
GRELE	FILETS PARAGREL ES	DEPLOIEMENT DE FILETS POUR PROTEGER LES PARTIES VEGETATIVES DE LA TOMBEE DES GRELONS.	EN THEORIE, PROTECTION TOTALE DE LA PARCELLE. AUCUNE CONTRAINTES D'ACCES AUX ARBRES. REDUCTION DES APPORTS D'IRRIGATION. EFFET D'OMBRAGE LIMITANT LES COUPS DE SOLEIL SUR LES FRUITS.	EFFET D'OMBRAGE IMPACTANT LA QUALITE DU FRUIT. BESOIN IMPORTANT EN MAIN D'ŒUVRE POUR LES OPERATIONS D'INSTALLATION ET DE DEPLOIEMENT/FER METURE DES FILETS.	INVESTISSEMENT MATERIEL DE 10 000 A 15 000 €/HA. L'INSTALLATION DU FILET LA PREMIERE ANNEE NECESSITE EN MOYENNE 200 H/HA ET 100 H/HA LES ANNEES SUIVANTES
	CANONS ANTI- GRELE	CREATION D'ONDES DE CHOC DIRIGES VERS LE NUAGE EMPECHANT L'AGGLOMERATION DE GRELES	INSTALLATION BIEN MOINS COUTEUSE QU'UNE SOLUTION INTEGRANT DES FILETS, COUT D'UTILISATION ET DE MAINTENANCE TRES REDUIT	NUISANCES SONORES POSSIBLE POUR LE VOISINAGE, NECESSITE DE DECLANCHER L'EQUIPEMENT AVANT L'ARRIVEE DE L'ORAGE. LE CANON ANTI- GRELE N'ETANT PAS OU PEU EFFICACE SUR DES GRELONS DEJA FORMES.	INVESTISSEMENT DE 40 A 50000 €/CANON. COUT D'UTILISATION : 2€ / HA/ H
	GENERATE URS A IODURE D'ARGENT	LIMITATION DE LA TAILLE DES GRELONS PAR ASPERSION D'IODURE A LA BASE DES NUAGES. LORS DE LEUR CHUTE, CES GRELONS POURRONT SOIT	PRESENCE D'UN DISPOSITIF D'ALERTE DES DIFFERENTS OPERATEURS CONCERNES POUR METTRE EN ŒUVRE LES GENERATEURS.	NECESSITE D'ANTICIPER EN AMONT LE RISQUE D'ORAGE ET DE METTRE EN ŒUVRE PLUSIEURS GENERATEURS	INVESTISSEMENT DE 1 500 € PAR GENERATEUR (SOIT 4 A 5 €/HA, POUR LE RESEAU BOURGOGNE BEAUJOLAIS) +COUT DE FONCTIONNEMENT

		FONDRE POUR PRECIPITER SOUS FORME DE PLUIE	MANIPULATION AISEE DES GENERATEURS.		T : 730 €/AN DE CONSOMMABLE PAR GENERATEUR
VENT	FILET BRISE- VENT	REDUIRE LA VITESSE DU VENT ET ATTENUER LES RAFALES. REDUCTION MOYENNE DE LA VITESSE DU VENT DE 50% SUR 10 FOIS SA HAUTEUR ET DE 25% ENTRE 10 ET 20 FOIS CE MEME PARAMETRE	REDUCTION DES DEGATS CAUSES PAR LE VENT COMME LA CASSURE DE LA TIGE DOMINANTE, LA TORSION DU POINT DE GREFFE, LE FROTTEMENT DES BRANCHES SUR LES FRUITS, LES DECHIRURES AUX FEUILLES ET LA DESSICCATION. REDUCTION DE LA DERIVE LORS DES TRAITEMENTS.	POLLUTION VISUELLE (MAUVAISE INTEGRATION PAYSAGERE)	15 A 20 €/ML (FILET DE 4 M DE HAUTEUR, HORS POTEAUX ET FILS)
	HAIES BRISE VENT	LES HAIES BRISE- VENT SONT DES RANGÉES D'ARBRES ET/OU D'ARBUSTES DONT LA FONCTION PRINCIPALE EST DE REDUIRE LE VENT.	IDENTIQUE AUX FILETS, MAIS AVEC UNE PARFAITE INTEGRATION PAYSAGERE. METHODE PLUS DURABLE.	EFFET TARDIF DUE A LA POUSSE DES PLANTES	100 M DE HAIE : 100 € DE PLANTS 150 € DE PAILLAGE 10 H DE TRAVAIL A 2 PERSONNES

CONTACTS

Pétitionnaire du projet

Monsieur Geoffroy de Rochefort

Lieu-dit : « Terres du château »
45620 CERDON

Tél : 06 29 54 45 42
geoffroy.de.rochefort@gmail.com

Maitre d'œuvre



TECHNIQUE SOLAIRE
26 rue Annet Segeron, 86580, Biard

Gabriel LARCENA, Chargé de
développement
Tél : 07 63 76 37 37
gabriel.larcena@techniquesolaire.com

Romain PROUX, Service Urbanisme
Tél : 06 64 95 52 44 / 05 49 56 01 19
romain.proux@techniquesolaire.com